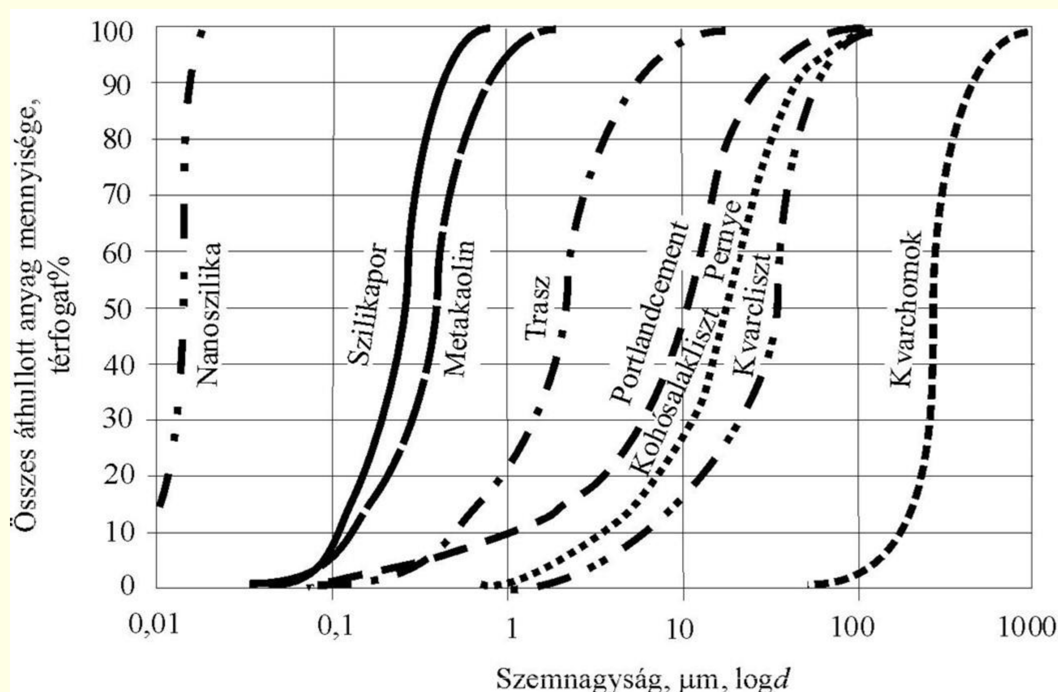
Betontechnológiai Szakirányú Továbbképzés
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

MŰEGYETEM 1782

FINOM SZEMEK A BETONBAN, A BETON PÉPTARTALMA



Dr. Kausay Tibor
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

2020. április

FOGALOM-MEGHATÁROZÁSOK

MSZ 4798:2016

3.1.2.21. finom adalékanyag

Olyan frakciók megnevezése, melyeknek a D szemnagysága ≤ 4 mm (MSZ EN 12620).

3.1.2.18. finom alkotóanyagok a betonban

A friss betonban azon szilárd anyagok összege, amelyek szemnagysága ≤ 0,25 mm. Tehát a cement, a kiegészítőanyagok, az adalékanyagok ebbe a tartományba eső frakciója összesen.

3.1.2.9. *liszt*finomságú alkotóanyagok a betonban

A friss betonban azon szilárd anyagok összege, amelyek szemnagysága *≤ 0,125 mm*. *Tehát a cement, a kiegészítőanyagok és az adalékanyagok ebbe a tartományba eső frakciói összesen.*

A lisztfinomságú (0,125 mm alatti) alkotóanyagok kellő mennyiségével elérhető, hogy a frissbeton ne osztályozódjék szét, és ne eressze el a vizét (kivérzés). A túl sok lisztfinomságú alkotóanyag megnöveli a vízigényt, és ez által megnő a zsugorodás és a repedésképződés veszélye.

Terülés-méréssel ellenőrizhető, hogy van-e szétosztályozódás, illetve kivérzés.

A DIN 1045-2:2008 szabvány, illetve a DIN-Fachbericht 100:2010 jelentés 3.1.48 szakasza, valamint az ÖNORM B 4710-1:2007 szabvány 3.1.47 szakasza a **lisztfinomságú szemek** alatt a betonban lévő 0,125 mm alatti szemek összességét érti, amelybe a cement, a 0,125 mm-nél finomabb szemnagyságú adalékanyag (nagyon finom homok) szemek és a kiegészítőanyagok tartoznak. Ennek az a magyarázata, hogy a friss beton tulajdonságai szempontjából nincs nagy jelentősége annak, hogy a lisztfinomságú szemeket mely betonösszetevő 0,125 mm alatti szemnagyságú szemei alkotják.

A **lisztfinomságú szemek** technológiailag a beton legfontosabb alkotórészei, mert növelik a friss beton pép-megtartóképességét, csökkentik a kivérzési és szétosztályozódási hajlamát, növelik a vízigényét, befolyásolják a tömöríthetőségét, és jó hatással lehetnek a szilárd beton szövetszerkezetének tömörségére.

A lisztfinomságú szemek túl nagy mennyisége azonban a cementhabarcsot viszkózussá, a friss betont sűrűn folyóssá teszi, és növeli annak vízigényét, ami csak folyósító adalékszerrel csökkenthető. A túl sok lisztfinomságú szemet tartalmazó friss betont nem lehet rendesen lesimítani, mert a felülete megrepedezik. Ha a beton felülete – a sok homok és/vagy lisztfinomságú szem következtében – durva szem hiányos, akkor a beton fagyállósága sokszor, a kopásállósága pedig szinte mindig lecsökken.

Ez az oka annak, hogy a DIN 1045-2:2008 német betonszabványban a lisztfinomságú szemek mennyiségét korlátozzák, az ÖNORM B 4710-1:2007 osztrák betonszabványban pedig megadják a lisztfinomságú szemek elegendő (szükséges) mennyiségét (*Springenschmid* 2007).

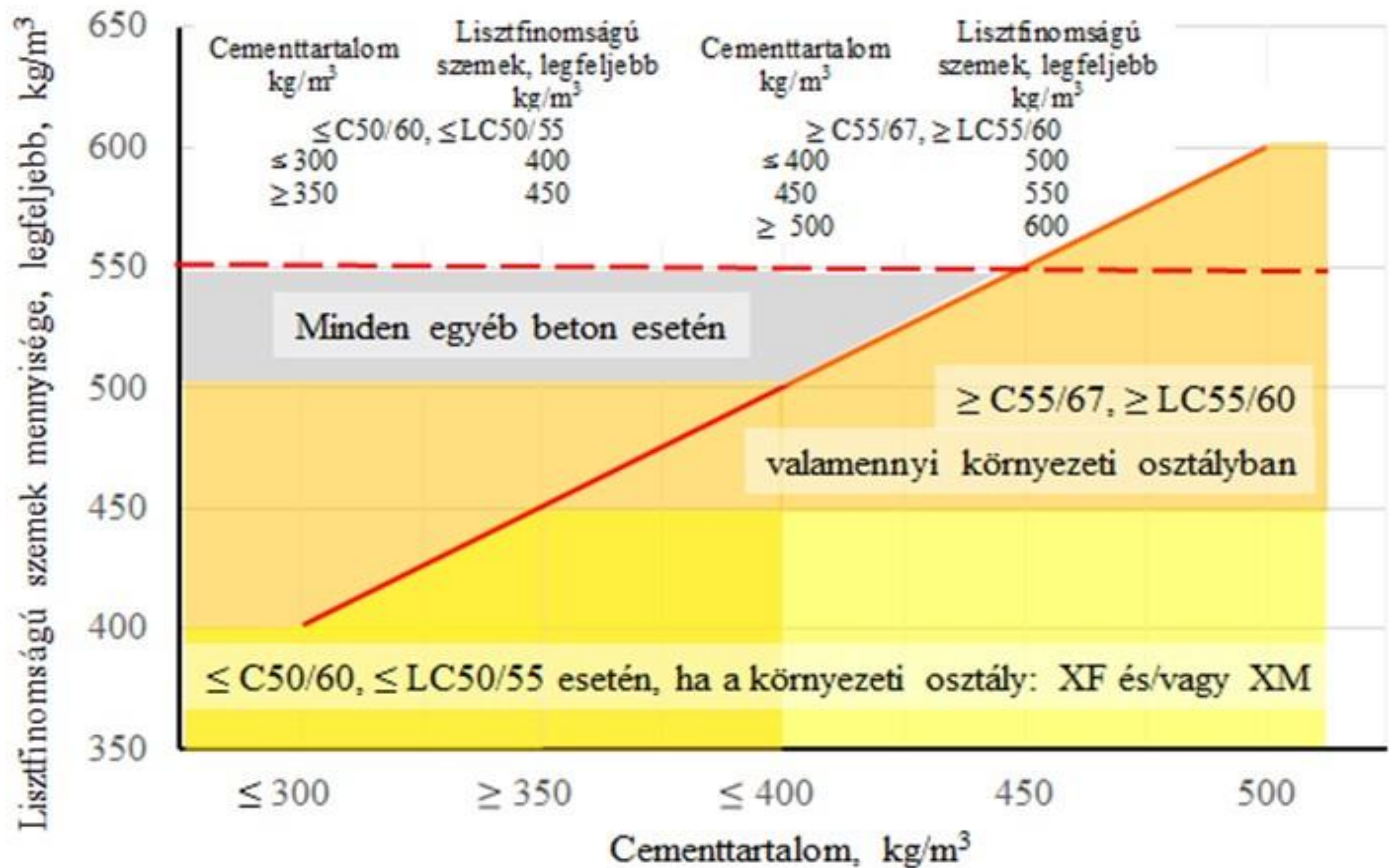
A DIN 1045-2:2008 szabvány az EN 206-1: 2000 (MSZ EN 206-1:2002) szabvány 5.3.2 szakaszát azzal egészíti ki, hogy a 16 mm és 63 mm közötti legnagyobb szemnagyságú betonban, illetve könnyűbetonban a C50/60, illetve LC50/55 nyomószilárdsági osztályig, azokat is beleértve, az XF fagyállósági környezeti osztályokban és az EN-féle, DIN-féle, ÖNORM-féle XM kopásállósági környezeti osztályokban , valamint a C55/67 és LC55/60 nyomószilárdsági osztályban és afelett, valamennyi környezeti osztályban a lisztfinomságú szemek mennyisége a *Lisztfinomságú táblázatban* foglalt értékeket nem lépheti túl. Minden egyéb beton esetén a lisztfinomságú szemek megengedett legnagyobb mennyisége 550 kg/m^3.

A DIN 1045-2:2008 szabványban a lisztfinomságú szemeknek nem a megkövetelt, hanem a megengedett mennyiségét írták elő.

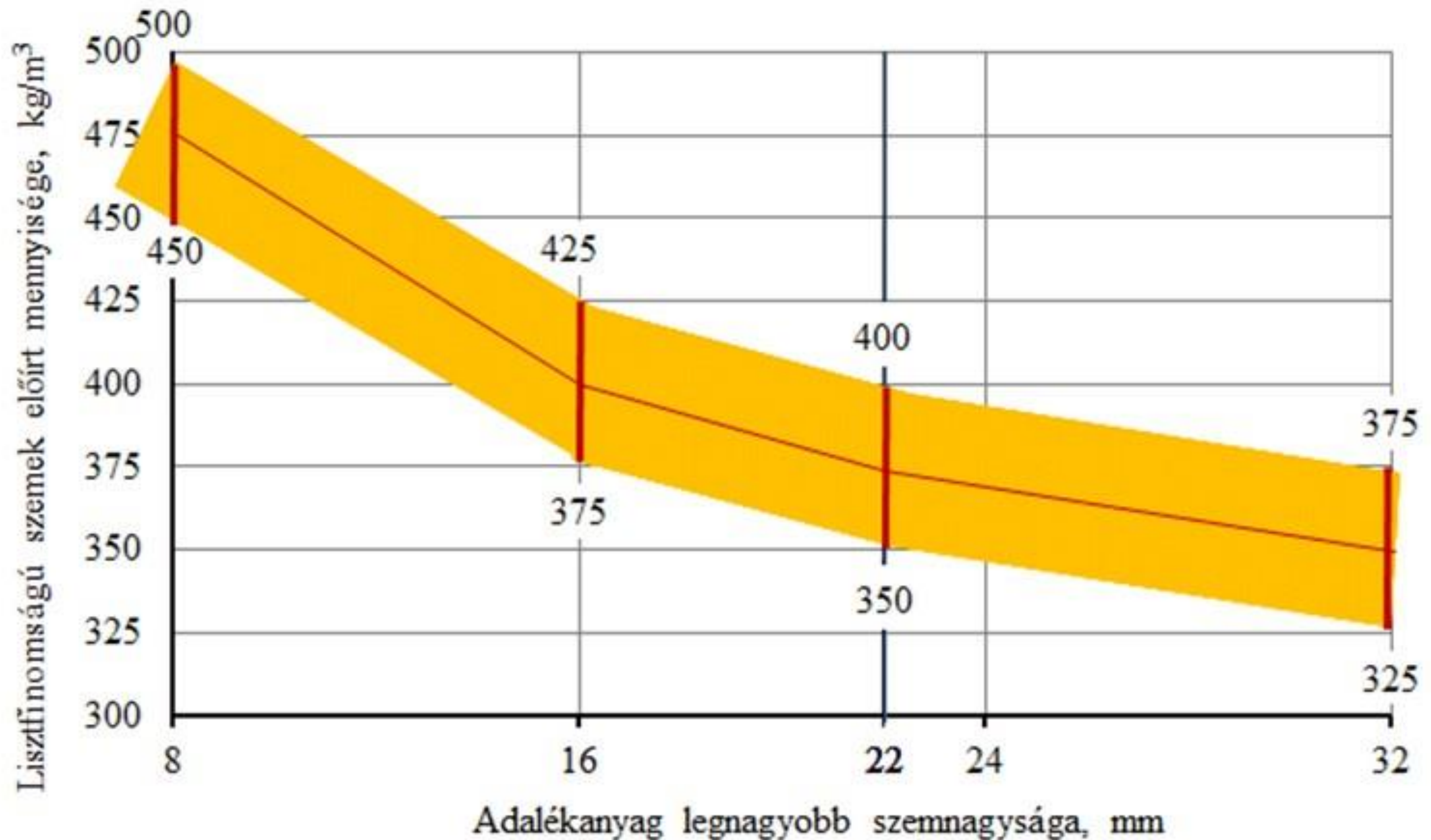
A DIN 1045-2:2008 szabvány 5.3.4 szakaszában kihangsúlyozzák, hogy a lisztfinomságú szemek tartalmának 5.3.2 szakaszban előírt határértékeit pernye kiegészítőanyagos betonnal történő víz alatti betonozás esetén túl szabad lépni, annak érdekében, hogy a víz alá kerülő, általában legalább képlékeny konzisztenciájú, F3 terülési osztályú friss beton betonozáskor összefüggő tömegként folyjon, és tömörítés nélkül is zárt beton-szövetszerkezetet eredményezzen. Ennek a betonnak a (cement + pernye)-tartalma legalább 350 kg/m³, a víz-kötőanyag tényezője (x_{eq} = víz/(cement + 0,7·pernye)) legfeljebb 0,6.

Lisztfinomságú táblázat: Lisztfinomságú szemek (0,125 mm alatti szemek) megengedett legnagyobb mennyisége, ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 16 mm és 63 mm közötti, a DIN 1045-2:2008 szabvány 5.3.2 szakasza, F.4.1 és F.4.2 táblázata szerint

Cementtartalom, kg/m³	Lisztfinomságú szemek (≤ 0,125 mm) megengedett legnagyobb mennyisége, kg/m³
ha a beton, illetve könnyűbeton nyomószilárdsági osztálya *nem nagyobb*, mint C50/60, illetve LC50/55 és a beton környezeti osztálya XF és XM (helyesebben: XF és/vagy XM)	
≤ 300	400
≥ 350	450
ha a beton, illetve könnyűbeton nyomószilárdsági osztálya *nagyobb*, mint C50/60, illetve LC50/55 a beton valamennyi környezeti osztálya esetén	
≤ 400	500
450	550
≥ 500	600



Lisztfinomságú (legfeljebb 0,125 mm méretű) szemek megengedett legnagyobb mennyisége a friss betonban a DIN 1045-2:2008 szabványban, feltéve ha az adalékanyag legnagyobb szemnagysága 16 mm és 63 mm közé esik (XM a kopásállóság környezeti osztályának jele a német szabályozásban)



Lisztfinomságú (legfeljebb 0,125 mm méretű) szemek kedvező mennyisége a friss betonban az ÖNORM B 4710-1:2018 szabvány szerint F4 (terülési mérték: 490-500 mm) konzisztencia osztályú beton esetén

MSZ 4798:2016

*3.1.2.27. **finomszem tartalom***

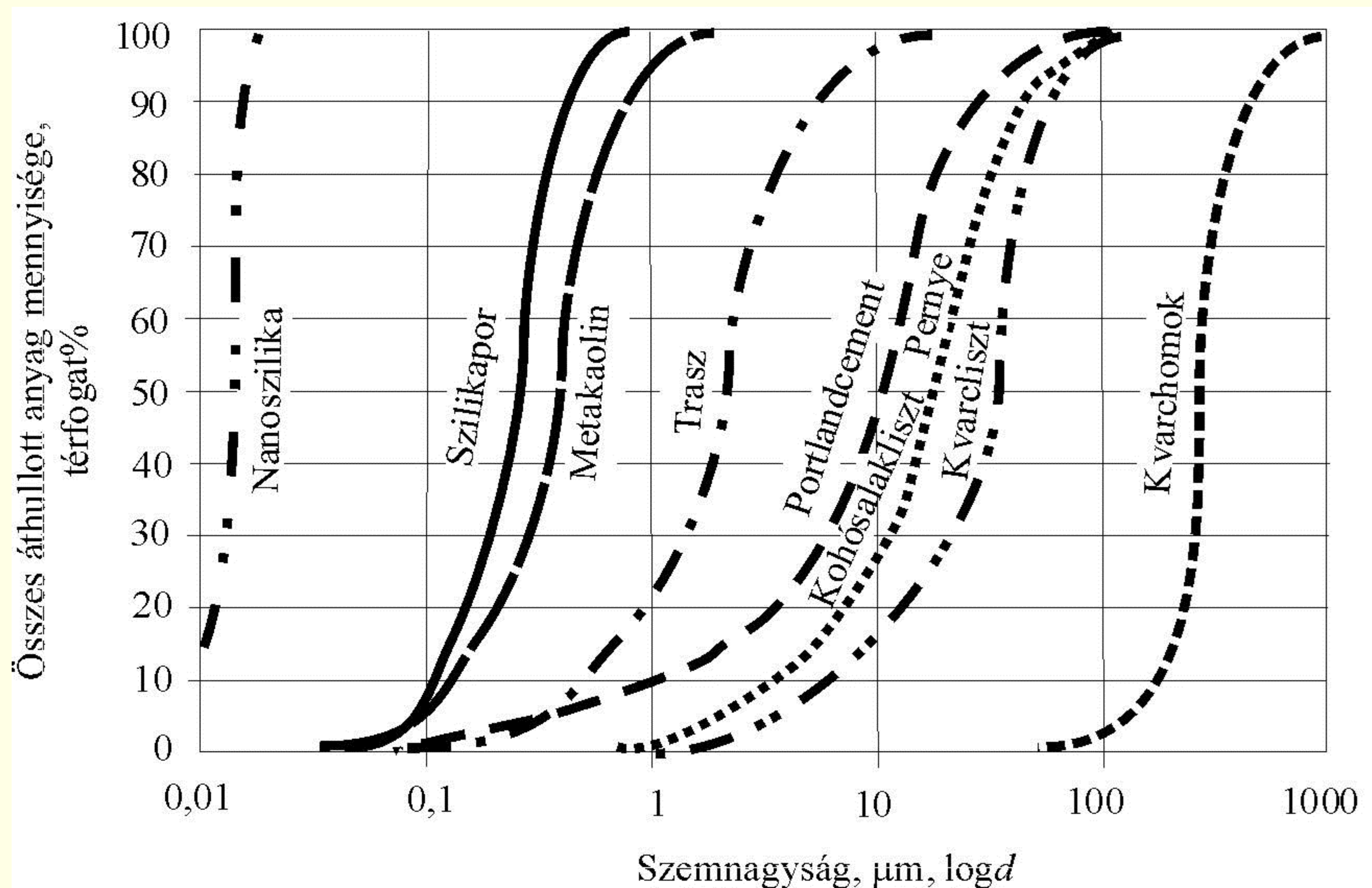
Az adalékanyagban azon szemek összessége, amelyek szemnagysága ≤ 0,063 mm.

A finomszem-tartalom ártalmatlannak tekinthető, ha az adalékanyag finomszem-tartalma (az MSZ EN 933-1 szerint vizes szitavizsgálattal) kisebb, mint 3 tömeg%.

*3.1.2.20. **kőliszt (pl.: mészkőliszt)***

Olyan kőanyaghalmaz, amelynek nagy része 0,063 mm-es szitán áthullik. (MSZ EN 12620)

5.2.3.4. MEGJEGYZÉS: A szabvány nem tartalmaz ajánlásokat a finom újrahasznosított adalékanyag felhasználására vonatkozóan.



Kiegészítőanyagok hozzávetőleges szemmegoszlási görbéinek összehasonlítása (DAfStb, Heft 561. 2008 nyomán)

A szervetlen kiegészítőanyagok az MSZ 4798:2016 szabvány szerint I. típusú inert kiegészítőanyagok vagy II. típusú aktív kiegészítőanyagok lehetnek.

Anyag megnevezése	Átlagos anyagsűrűség g/cm³	Fajlagos felület (BET szerint) m²/kg	Átlagos szemnagyság mm
Pigment		500.000 – 700.000	
Nanoszilika	2,00	180.000 – 230.000	0,000013 – 0,000017
Szilikapor	2,30	15.000 – 35.000	0,0001 – 0,0002
Metakaolin	2,50	10.000 – 17.000	0,0001 – 0,0002
Trasz	2,50	500 – 1.800	0,001 – 0,005
Kőliszt	2,85	350 – 1.000	0,002 – 0,006
Portlandcement	3,10	350 – 450	0,004 – 0,006
Kohósalakliszt	2,90	275 – 550	0,004 – 0,008
Pernye	2,35	270 – 530	0,005 – 0,009
Kvarcliszt	2,65	170 – 400	0,006 – 0,013

Megjegyzés: Az átlagos szemnagyságot a 6/{(anyagsűrűség)×(fajlagos felület)} összefüggés segítségével számítottuk ki.

Aktív (II. típusú) kiegészítőanyagnak, hidraulitnak vagy hidraulikus kiegészítőanyagnak a puccolános és a rejtett (latens) hidraulikus tulajdonságú anyagok összességét nevezzük. A hidraulitok amorf, üveges szerkezetű anyagok.

Puccolános tulajdonság *a víz hatására önmagában szilárdulni nem képes*, kevés (vagy zérus) reakcióképes mészhidrátot és jelentős mennyiségű reakcióképes szilícium-dioxidot tartalmazó olyan anyag tulajdonsága, amely külső forrásból származó reakcióképes mészhidrát (például a cement szabad kalcium-hidroxid-tartalma) és víz jelenlétében, víz alatt is, kalcium-szilikát és esetleg más ásványok képződése közben, lassan megszilárdul.

A puccolános tulajdonságú anyag *mész-modulusa*: $CaO/SiO_2 < 0,5$.

A puccolános kiegészítőanyagok a fiatal beton szilárdulási folyamatára az inert kiegészítőanyagokhoz hasonlóan a szemmegoszlás javításával és a tömörség fokozásával hat. Minthogy a puccolánok lassan reagálnak, gondos utókezelésre van szükség, mert különben a beton tartóssága – első sorban a felületen – károsodik.

Puccolános tulajdonságú kiegészítőanyag a *szilikapor* (MSZ EN 13263-1:2005+A1:2009), a *savanyú pernye* (MSZ EN 450-1:2013, a *metakaolin*, a *nanoszilika*, a természetes puccolánok: például a t*rasz* és a *tufa*.

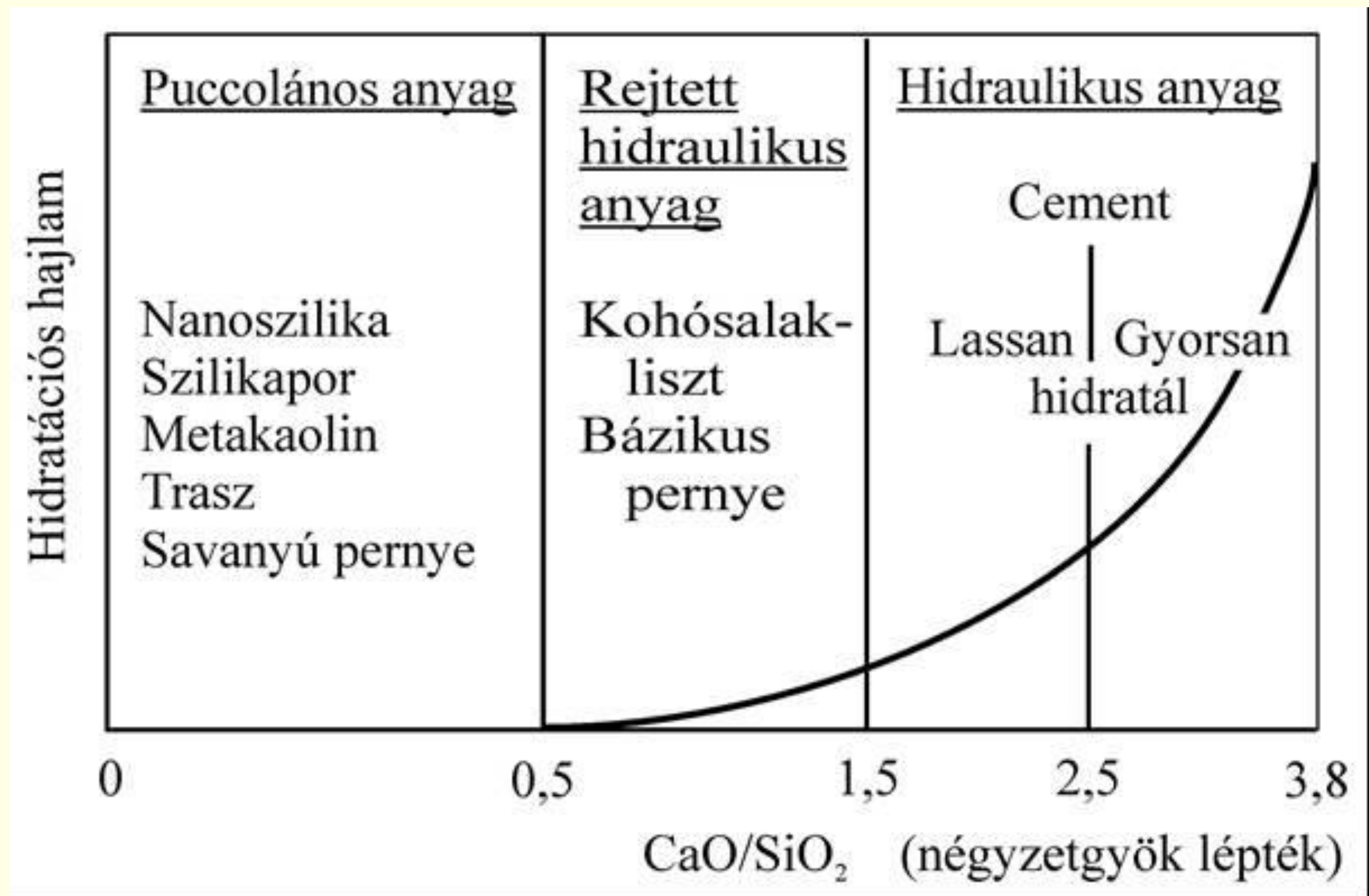
Rejtett (latens), gyengén hidraulikus tulajdonság ***a víz hatására önmagában nagyon lassan és kismértékben szilárduló,*** **bizonyos mennyiségű reakcióképes mészhidrátot és reakcióképes szilícium-dioxidot tartalmazó olyan anyag tulajdonsága, amely külső forrásból származó reakcióképes mészhidrát (például a cement szabad mészhidrát-tartalma) és víz jelenlétében, víz alatt is, kalcium-szilikát és más ásványok képződése közben megszilárdul.**

A rejtett hidraulikus tulajdonságú anyag ***mész-modulusa*****:**

$$0{,}5 \leq CaO/SiO_2 < 1{,}5.$$

A gyengén hidraulikus kiegészítőanyagok a cementek korai szilárdulási folyamatában is szerepet játszanak, és jelentősen befolyásolják a beton kötését és szilárdulását. Ehhez – a beton tulajdonságok nagyobb ingadozásának és károsodásának elkerülése érdekében – az szükséges, hogy a gyengén hidraulikus kiegészítőanyag és a cement tulajdonságai kölcsönösen összhangban legyenek egymással. Az összhang általában akkor legjobb, ha a ***gyengén hidraulikus kiegészítőanyagot fő alkotórészként a cementhez adják*****.**

Gyengén hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyag az ***őrölt, granulált kohósalak*****, más szóval kohósalakliszt (MSZ EN 15167-1:2007) és a** ***bázikus pernye*****.**



Aktív kiegészítőanyagok és a cement hidratációs hajlama a mész-modulus (CaO/SiO_2 arány) függvényében

MSZ 4798:2016

5.2.3. Az adalékanyagok kiválasztása

5.2.3.1. Általános előírások

(1) Az adalékanyag fajtájának és osztályainak, pl. szemmegoszlásának, szemalakjának, fagyási/olvadási ellenállásának, kopásállóságának, finomszem tartalmának kiválasztásakor a következőket figyelembe kell venni:

– a kivitelezés módját;

– a beton tervezett felhasználását;

– a környezeti körülményeket, amelyeknek a szerkezet ki lesz téve;

– a felületen megjelenő adalékanyagra vagy a szerszámmal megmunkált betonfelület adalékanyagára bármely szükséges követelményt.

D3.2. A legkisebb lisztfinomságú alkotóanyag-tartalom és cementtartalom geotechnikai (speciális mélyépítési) munkák esetén

(1) Fúrt cölöpök és helyben betonozott talajkiszorításos cölöpök esetén a D1. táblázat szerint kell előírni a finomszem-tartalmat és cementtartalmat.

D1. táblázat: A legkisebb cementtartalom és lisztfinomságú alkotóanyag–tartalom értékei fúrt és helyben betonozott talajkiszorításos cölöpökhöz

Cementtartalom **betonozás száraz körülmények között**		**≥ 325 kg/m³**
Folyadékfelszín alatti betonozás (víz alatt vagy támasztófolyadék alatt)		**≥ 375 kg/m³**
Lisztfinomságú alkotóanyag tartalom [a]		
Durva adalékanyag	$D_{lower} > 8$ mm $D_{upper} > 8$ mm	**≥ 400 kg/m³**
Durva adalékanyag	$D_{lower} \geq 4$ mm $D_{upper} \leq 8$ mm	**≥ 450 kg/m³**

a) **Lisztfinomságú alkotóanyag: szemnagysága ≤ 0,125 mm (beleértve a kiegészítő anyagokat és a cementet).**

(3) Mikrocölöpök esetében a lisztfinomságú alkotóanyag- és cementtartalom legalább 375 kg/m^3 legyen, és az előírt D_{upper} értéke ne legyen nagyobb 16 mm-nél.

(5) A résfalakhoz alkalmazott D_{max}=32 mm-es beton feleljen meg a következőknek:

– homok tartalom (D < 4 mm) több mint 40 tömeg% a teljes adalékanyag mennyiségre vonatkoztatva;

– lisztfinomságú alkotóanyag-tartalom (D < 0,125 mm) a betonkeverékben (beleértve a cementet és a többi finomszemet) 400 és 550 kg/m^3 között legyen.

NAD E1. táblázat: Homok, kavics, homokos kavics adalékanyag és homokos kavics adalékanyagú betonból visszanyert mosott és osztályozott adalékanyag frakciókra vonatkozó követelmények (E szabvány szerint ez a táblázat előírás)

Tulajdonság és a vizsgálati szabvány száma	XN(H) X0b(H) X0v(H)	XC1 XC2	XC3, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3	XF1, XF2, XF3, XF4, XF2(H), XF3(H), XF4(H)	XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H), XA6(H)	XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H)	XV1(H), XV2(H), XV3(H)
Finomszem tartalom (durva adalékanyagban) MSZ EN 933-1	**f1,5**						
Finomszem tartalom (finom adalékanyagban) MSZ EN 933-1	**f10**		**≤ 5 m/m %**			**f3**	
Finomszem-tartalom (0/8) MSZ EN 933-1	**f10**		**Ez a szemmegoszlás nem használható**				
Finomszem-tartalom (nyújtott frakcióban) MSZ EN 933-1	**f11**		**Ez a szemmegoszlás nem használható**				
Agyag-iszaptartalom	**5.1.3. szakasz szerint**						

NAD E2. táblázat: Zúzottkő, zúzottkavics és újrahasznosított adalékanyag, valamint visszanyert tört adalékanyag, továbbá zúzottkőbetonból, zúzottkavicsbetonból visszanyert mosott és osztályozott adalékanyag frakciókra vonatkozó követelmények

(E szabvány szerint ez a táblázat előírás)

Tulajdonság és a vizsgálati szabvány száma	Környezeti osztály											
	XN(H)	X0b(H)	X0v(H)	XC1	XC2 XC3 XC4	XD1 XS1	XD2 XD3 XS2 XS3	XF1	XF2	XF2(H)	XF3	XF3(H)
	Követelmény											
Finomszem-tartalom a finom frakcióban (D ≤ 4 mm), MSZ EN 933-1	f_{16}			f_{10}				f_{3}				
Finomszem-tartalom a durva frakcióban, (D/d > 2 és D > 4 mm) MSZ EN 933-1	–			f_{4}				$f_{1,5}$				
Finomszem-tartalom a kevert adalékanyag frakcióban, (D ≤ 45 mm és d = 0) MSZ EN 933-1	–			f_{11}				f_{3}				

NAD E2. táblázat folytatása

Tulajdonság és a vizsgálati szabvány száma	Környezeti osztály										
	XF4 k)	XF4(H)	XA1 XA2 XA3	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H) XV2(H) XV3(H)
	Követelmény										
Finomszem-tartalom a finom frakcióban (D ≤ 4 mm), MSZ EN 933-1	f_3										
Finomszem-tartalom a durva frakcióban (D/d > 2 és D > 4 mm), MSZ EN 933-1	$f_{1,5}$										
Finomszem-tartalom a kevert frakcióban (D ≤ 45 mm és d = 0), MSZ EN 933-1	f_3										

Adalékanyag pépigénye

Az adalékanyag pépigénye (cementpépigénye) azonos a vízmegtartóképességnek megfelelő vízadagolással megkevert (nedvesített) és betömörített (bevibrált) adalékanyaghalmaz szemei közötti hézagok térfogatának és a száraz adalékanyaghalmaz – mint a halmazt befogadó tér – térfogatának hányadosával. Más szóval: az adalékanyag pépigénye a lehető legtömörebb adalékanyaghalmaznak a – száraz adalékanyag térfogatára vonatkoztatott – hézagtérfogatával egyenlő.

Pépnek (cementpépnek) voltaképpen *térkitöltő* szerepe van, ugyanakkor az adalékanyagszemeket közvetlenül *bevonó* pépréteg (vékony pépfilm) kenőképességgel rendelkezik, ezért az adalékanyag pépigényét a szemhalmaz fajlagos hézagtartalma és térfogati fajlagos felülete függvényének tekintjük (*Ujhelyi*,1980).

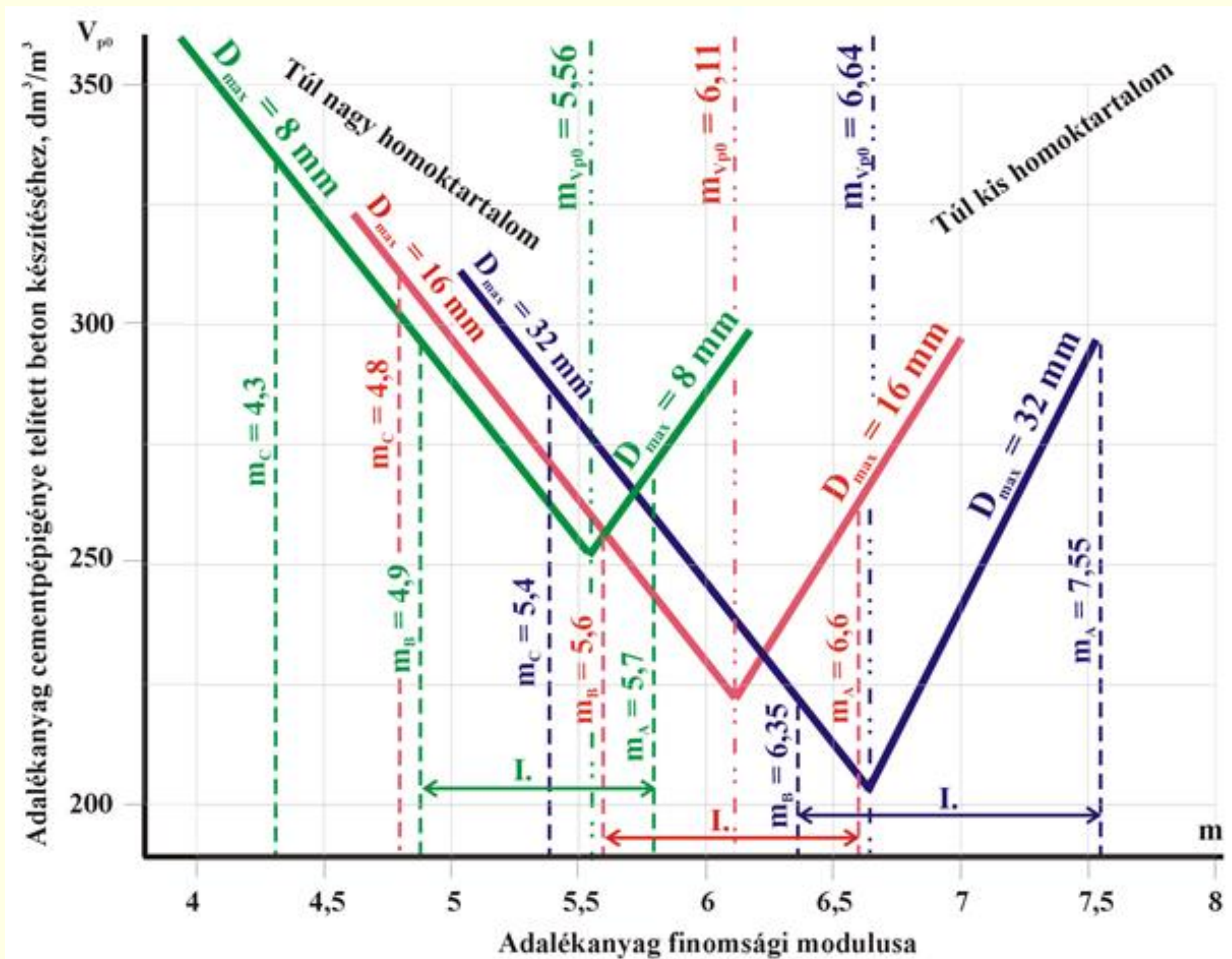
A kenőréteg (pépfilm) vastagsága a betonkonzisztencia lágyulásával, az adalékanyag fajlagos térfogati felületének és a felületi érdességének a növekedésével növekszik. *Springenschmidt* (2007) szerint a kenőréteg vastagsága 450-500 mm közötti terülési mértékű – lényegében F4 konzisztenciaosztályú, illetve annál valamivel kevésbé folyós – friss betonban mintegy 0,020-0,035 mm.

Minthogy az adalékanyag hézagtérfogatának és térfogati fajlagos felületének számítása körülményes, *dr. Ujhelyi János* a homokos kavics adalékanyag pépigényét kísérletekkel határozta meg (1980), amelyek eredményeiből felírta a legkevesebb cementpépet igénylő adalékanyag szemmegoszlása finomsági modulusának összefüggését:

$$\mathbf{m_{Vp0} = \frac{D_{max} + 100 \times \sqrt{D_{max}} + 476}{D_{max\ +130}}}$$

***Ujhelyi* (1980) megállapította, hogy a legkisebb cementpépigényű adalékanyag szemmegoszlása az *A* és *B* határgörbék közötti I. tartományban helyezkedik el.**

E szemmegoszlás görbéje a D_{max} = 8 mm legnagyobb szemnagyság esetén az *A* határgörbe közelében fut, majd növekvő legnagyobb szemnagyság mellett fokozatosan közelebb kerül a *B* határgörbéhez.



A különböző legnagyobb szemnagyságú homokos kavics adalékanyag pépigénye *Ujhelyi* (1980) szerint. Az ábrán az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti finomsági modulusokat tüntettük fel.

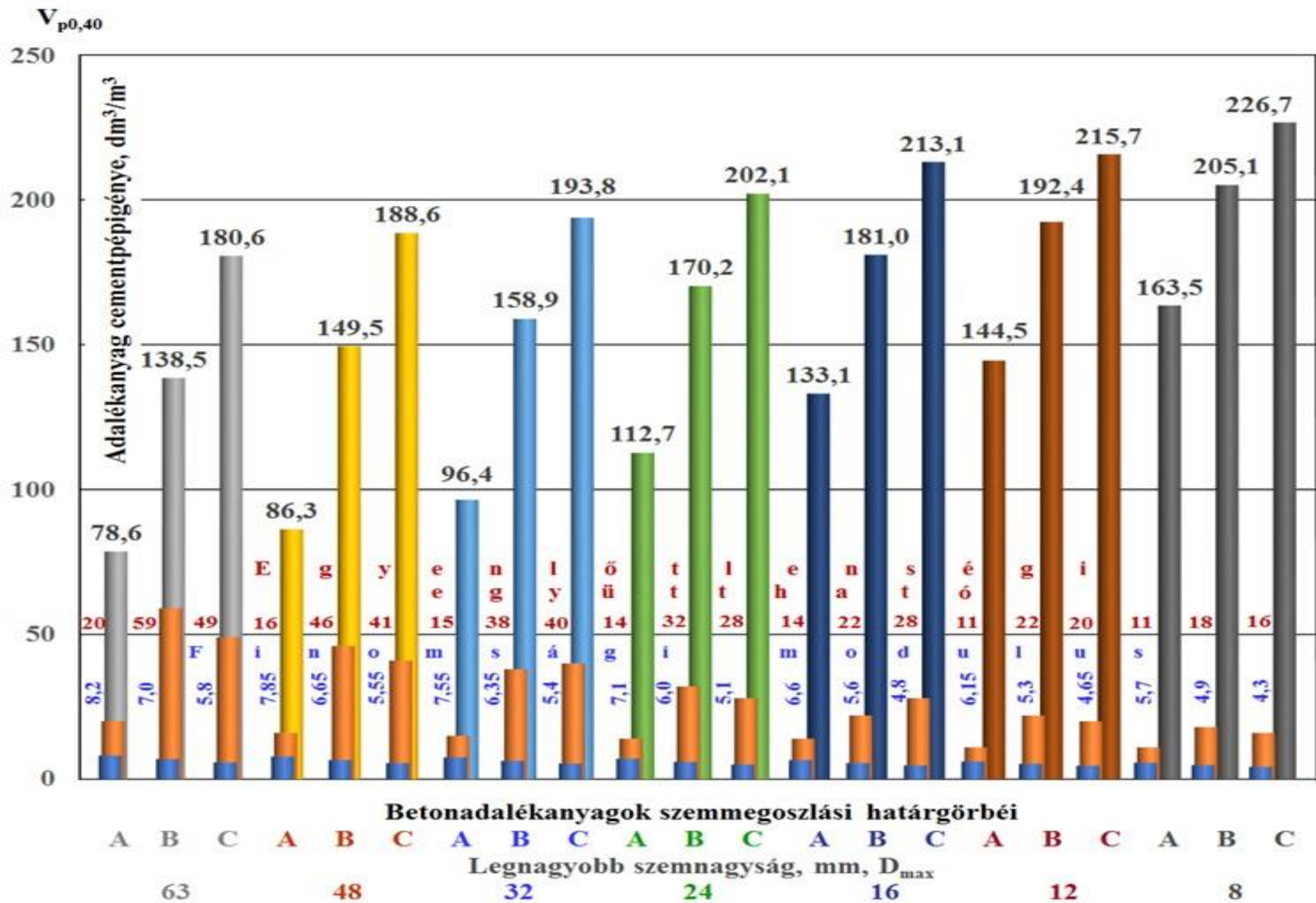
Mintegy negyed évszázaddal később *Ujhelyi* (2005) az adalékanyagok pépigényét nem csak a finomsági modulus, hanem a finomsági modulus és az $U_{70/10}$ = d_{70}/d_{10} egyenlőtlenségi együttható egyidejű figyelembevételével, $k_v \geq 40$ s víztartóképességnek megfelelő vízadagolás mellett a következőképpen írta fel:

$$V_{p0,40} = \left(340 + 50 \times \lg\frac{m}{4}\right) - \left(38 \times e^{\frac{2}{U-0,5}}\right) \times \left(m - 1,54 \times e^{\frac{1}{U-0,5}}\right),$$

ahol d_{70}, illetve d_{10} a szemmegoszlási görbe 70%-os, illetve 10%-os ordinátaértékéhez tartozó szemnagyság.

E függvény tartalmát a *következő ábrán* szemléltetjük. Látható, hogy az adalékanyag cementpépigénye az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának (D_{max}) csökkenésével mérsékelten növekszik, a finomsági modulus csökkenésével, azaz a homoktartalom növekedésével jelentősen növekszik, és ez lényegében összhangban áll az *előző ábra* függvényeinek tendenciájával. Az *előző ábrával* ellentétben a *következő ábrából* nem derül fény arra, hogy a szemmegoszlás *A* és *B* határgörbék közötti I. tartományában van-e a cementpépigénynek alsó szélsőértéke (minimuma), és ha van, akkor az mekkora finomsági modulushoz (*m*) tartozik.

Biztosan állítható, hogy az adalékanyag térfogati fajlagos felületének növekedése a cementpépigény növekedésével jár.



Az MSZ 4798:2016 szabvány határgörbéi szerinti szemmegoszlású, $k_v \geq 40$ s víztartóképességű adalékanyagok cementpépigénye a *finomsági modulus* és az *$U_{70/10}$ egyenlőtlenségi együttható* (MÉASZ ME-04.19:1995) függvényében (*Ujhelyi*, 2005)

Egyenlőtlenségi együttható

Az adalékanyag egyenlőtlenségi együtthatója az adott finomsági modulusú, de eltérő elhelyezkedésű szemmegoszlási görbék megkülönböztetésének eszköze, finom vagy durva voltuknak, szemnagyság tartományuk terjedelmének, szórásának, fajlagos felületének, hézagtérfogatának egyik lehetséges közvetett kifejezője.

A MÉASZ ME-04.19:1995 beton és vasbeton készítési műszaki előírás 3.2.1.1.5. szakasza szerint pedig a szemmegoszlási görbe 70 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemnagyság (d_{70}) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemnagyság (d_{10}) hányadosaként kell kiszámítani.

A MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás szerinti jele: $U_{70/10}$

A beton adalékanyagok szemmegoszlási határgörbéinek egyenlőtlenségi együtthatói

Legnagyobb szemnagyság mm	Szemmegoszlási határgörbe jele		
	A	B	C
	$U_{70/10} = d_{70}/d_{10}$ egyenlőtlenségi együttható		
8	11	18	16
12	11	22	20
16	14	22	28
20	14	27	27
24	14	32	28
32	15	38	40
48	16	46	41
63	20	59	49

Azonos (pl. I. osztályú) **finomsági modulust eltérő** (pl. az „A" határgörbét a durva szemek tartományában lefelé, a „B" határgörbét a közepesen finom szemek tartományában felfelé átlépő) **szemmegoszlással is el lehet érni, ilyenkor a különbség az** ***$U_{70/10}$*** **egyenlőtlenségi együtthatóban jelenik meg.**

Fajlagos felület és térfogati fajlagos felület

A *fajlagos felület* a szemhalmaz szemei külső felülete összegének és a szemhalmaz tömegének hányadosa. Mértékegysége: m^2/kg, cm^2/g

A fajlagos felületet (m^2/kg) megszorozva a kiszárított állapotú szemhalmaz szemeinek átlagos testsűrűségével (kg/m^3) *térfogati fajlagos felületet* (m^2/m^3) kapjuk.

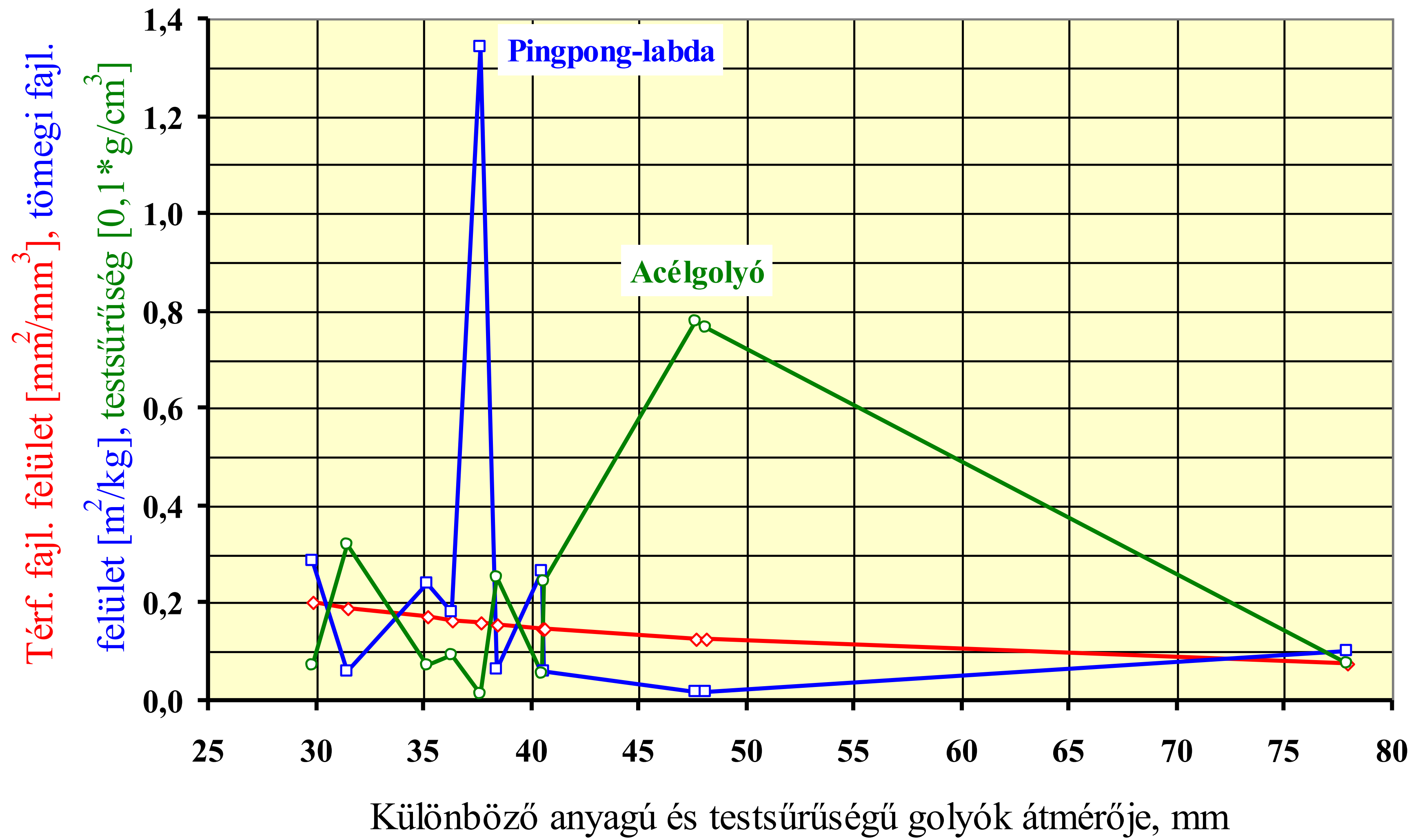
A fajlagos felület az anyag testsűrűségének is függvénye, ezért – a térfogati fajlagos felülettel ellentétben – nem tekinthető kifejezetten szemmegoszlási jellemzőnek, hiszen a fajlagos felület csak az azonos testsűrűségű szemek halmazai felületének közvetlen összevetésére alkalmas. (Kausay 2004).

***Ennek érzékeltetésére vegyünk néhány golyót*, mérjük meg az átmérőjét és a tömegét, számítsuk ki a testsűrűségét, a fajlagos felületét és a térfogati fajlagos felületét.**


4.
10.
11.
7.
6.
5.
9.
8.
1.
2.
3.

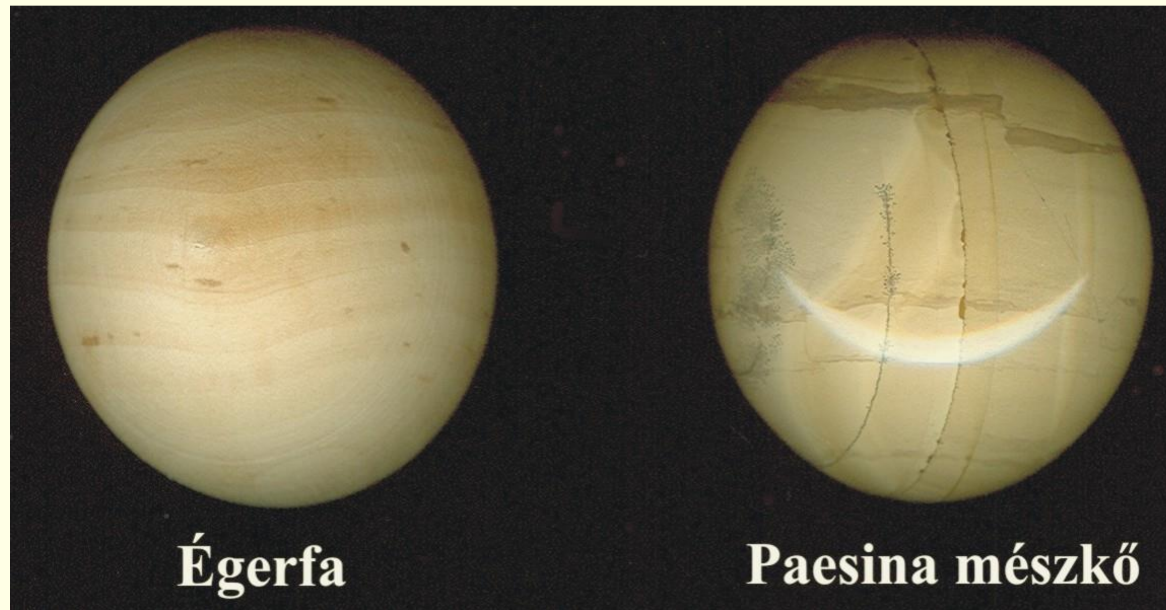
Különböző golyók (tömeg szerinti) fajlagos felületének és térfogati fajlagos felületének összevetése. Rendezés átmérő alapján

Jel és megnevezés	Átmérő mm	Felület mm^2	Térfogat mm^3	Tömeg g	Test-sűrűség kg/m^3	Fajlagos felület m^2/kg	Térf. fajl. felület mm^2/mm^3
7. Tölgyfa	29,9	2809	13996	9,83	702	0,2857	0,20067
3. Fluorit	31,5	3117	16366	52,16	3187	0,0598	0,19048
6. Kőrisfa	35,2	3893	22836	16,24	711	0,2397	0,17045
11. Gumilabda	36,3	4140	25045	22,95	916	0,1804	0,16529
10. Pingponglabda	37,7	4465	28056	3,33	119	1,3409	0,15915
2. Szerpentin	38,4	4632	29648	75,21	2537	0,0616	0,15625
5. Égerfa	40,5	5153	34783	19,52	561	0,2640	0,14815
1. Paesina mészkő	40,6	5178	35041	86,05	2456	0,0602	0,14778
8. Acélgolyó, fényes	47,6	7118	56470	439,43	7782	0,0162	0,12605
9. Acélgolyó, matt	48,1	7268	58269	446,02	7655	0,0163	0,12474
4. Kőrisfa	77,9	19064	247520	186,79	755	0,1021	0,07702


Példa a térfogati és a tömegi fajlagos felület viszonyára
Pingpong-labda
Acélgolyó
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
Térf. fajl. felület [mm2/mm3], tömegi fajl. felület [m2/kg], testsűrűség [0,1*g/cm3]
Különböző anyagú és testsűrűségű golyók átmérője, mm
Térfogati fajlagos felület
Tömegi fajlagos felület
Testsűrűség

Az *f* fajlagos felület és az f_V térfogati fajlagos felület kapcsolatát a következő egyenlet írja le:

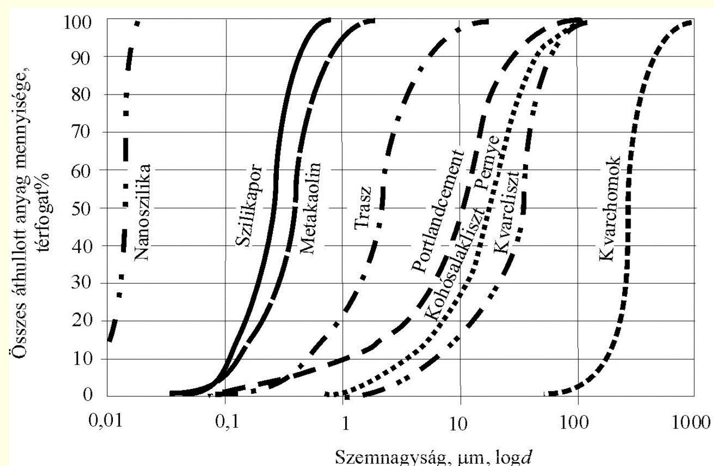
$$f = 10^3 \cdot \frac{f_V}{\rho_T} \qquad [m^2/kg]$$



19. ábra: Közel azonos átmérőjű fa és kő golyó a 2. táblázat példájához

Golyó anyaga	Égerfa	Paesina mészkő
Átmérő [mm]	40,5	40,6
Felület [mm^2]	5153	5178
Térfogat [mm^3]	34783	35041
Tömeg [g]	19,52	86,05
Testsűrűség [kg/m^3]	561	2456
Fajlagos felület [m^2/kg]	0,2640	0,0602
Térfogati fajlagos felület [mm^2/mm^3]	0,14815	0,14778

Példa két közel azonos átmérőjű, de eltérő testsűrűségű golyó fajlagos felületének és térfogati fajlagos felületének összehasonlítására



Köszönöm szépen a figyelmüket.
Viszont látásra…

